



Российское Агентство  
по патентам и товарным знакам

(19) **RU** (11) **2106429** (13) **C1**

(51) **6 C 23 C 30/00, 14/06**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21) 97104472/02

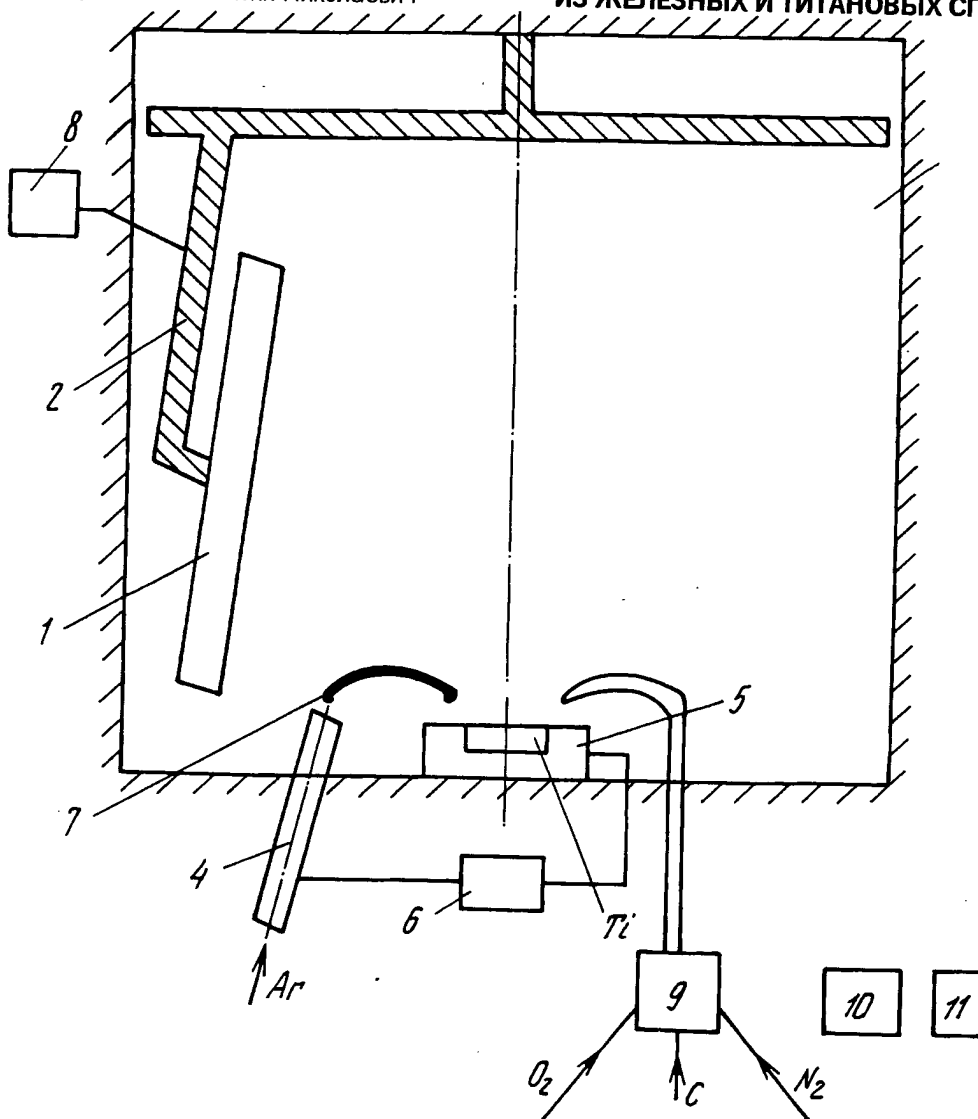
(46) 10.03.98

(71)(72)(73) Рыженков Вячеслав Алексеевич,  
Нестеров Сергей Борисович, Бодров Александр  
Анатольевич, Миронов Константин Николаевич

(22) 28.03.97

(56) 1. JP, N 63-253357, 1987, C 23 C 14/06. 2. EP,  
N 0522873, 1993, C 23 C 30/00.

(54) СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОГО  
ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ НА ИЗДЕЛИЯ  
ИЗ ЖЕЛЕЗНЫХ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ



1  
C  
9  
3  
4  
6  
0  
2  
U  
R

(57) Изобретение может быть использовано в энергетическом и транспортном машиностроении для повышения износостойкости лопастей турбин и насосов, элементов двигателей и другого оборудования, процесс эксплуатации которого характеризуется одновременным воздействием различных видов износа. Поверхность изделия, на которое наносится многослойное износостойкое

покрытие, полируется до чистоты  $R_a \leq 0,08$  с последующей очисткой октадециламином. Затем на нее наносится слой переходного металла IV – VI групп периодической системы Менделеева, слой из оксида этого же металла и слой нитрида или карбида переходного металла IV – VI групп периодической системы Менделеева. 2 з. п. ф-лы, 1 ил.

1  
C9  
2  
4  
6  
0  
1  
2U  
R

Изобретение относится к энергетическому и транспортному машиностроению и может быть использовано для повышения износостойкости лопастей турбин и насосов, элементов двигателей и другого оборудования, процесс эксплуатации которых характеризуется одновременным воздействием различных видов износа (каплеударная и абразивная эрозия, различные виды коррозии, эрозия-коррозия, кавитация, повышенная агрессивность среды, повышенное трение).

Известно техническое решение [1], заключающееся в нанесении покрытия из титанового сплава, осаждении пленки, состоящей из одного или нескольких элементов, ионной бомбардировки с получением твердой пленки с образованием твердого композиционного слоя, бомбардировки пленки ионами азота, кислорода или углерода.

Недостатками этого технического решения является неспособность обеспечения эффективной защиты металла лопаток от коррозионного и действующих одновременно коррозионного и эрозионного износов, что зачастую имеет место при эксплуатации оборудования.

Наиболее близким техническим решением (прототипом) к предлагаемому способу является способ нанесения износостойкого покрытия из нестехиометрического нитрида титана [2], включающий подготовку изделия, нанесение слоя титана

и слоя нитрида титана при температуре 420–530° С.

Недостатком этого технического решения является нанесение двухслойного покрытия, т. е. отсутствие промежуточного слоя, что позволяет получить более эффективную защиту от различных видов коррозии. Кроме того, отсутствие единого замкнутого цикла с объемным нагревом уменьшает коррозионную и эрозионную стойкость покрытия изделия.

Техническим результатом предлагаемого технического решения является повышение износостойкости изделий из железных и титановых сплавов за счет существенного снижения каплеударной и абразивной эрозии, кавитации, эрозии-коррозии, различных видов коррозии (атмосферная, химическая коррозия, коррозионное растрескивание под напряжением, фреттинг-коррозия) в процессе эксплуатации изделий.

Технический результат достигается предварительной подготовкой поверхности защищаемого изделия и последующим нанесением многослойного покрытия при различной толщине его составляющих в едином замкнутом цикле при объемном нагреве изделия. Формирование многослойного покрытия в едином замкнутом цикле обеспечивает подачу кислорода в необходимом количестве, требуемом для формирования оксида металла первого слоя определенной толщины.

Причем предварительная подготовка поверхности защищаемых изделий включает в себя ее полировку до значения  $R_a \leq 0,08$  мкм ( $R_a$  — па-

раметр шероховатости, характеризующий среднее арифметическое отклонение профиля) и очистку с использованием поверхностно-активных веществ, преимущественно октадециламина для удаления загрязнений с поверхности, в том числе и коррозионно-активных примесей (хлориды, сульфаты и др.), расположенных, как правило, на дне поверхностных трещин и каверн, что существенно повышает адгезию первого слоя покрытия. Это мероприятие в значительной степени определяет коррозионную стойкость многослойного покрытия.

Наносимый в качестве первого слоя покрытия металл обладает высокой коррозионной и химической стойкостью, второй слой, представляющий собой оксид металла первого слоя, еще в большей степени повышает коррозионную в химическую стойкость и предотвращает доступ кислорода, углекислоты к защищаемому металлу. Третий слой, в качестве которого наносят нитрил или карбид одного из переходных металлов IV – VI групп периодической системы Менделеева, существенно повышает эрозионную, в том числе и кавитационную стойкость защищаемого изделия.

На чертеже изображена принципиальная схема устройства, где 1 — защищаемое изделие, 2 — держатель, 3 — рабочая камера, 4 — катод — 5 анод, 6 — источник питания, 7 — электрическая дуга, 8 — источник питания для высокоскоростной бомбардировки поверхности изделия ионами аргона, 9 — дозирующее устройство, 10 — устройство предварительной очистки поверхности защищаемого изделия с использованием поверхностно-активного вещества (эмульсия октадециламина), 11 — ультразвуковая установка.

Предлагаемый способ включает в себя грубую очистку поверхности защищаемого изделия от загрязнений, полировку защищаемой поверхности до значения  $R_a \leq 0,08$  мкм, тонкую очистку поверхности защищаемого изделия с использованием поверхностно-активного вещества (октадециламина) и ультразвуковой установки, сушку поверхности изделия после очистки, помещение изделия в вакуумную камеру устройства, создание рабочего вакуума в камере, объемный нагрев защитного изделия, дополнительную очистку и активизацию поверхности изделия за счет ее бомбардировки ионами аргона, формирование многослойного покрытия.

Процесс нанесения многослойного покрытия на изделие осуществляется в следующей последовательности.

После предварительной полировки до частоты  $R_a \leq 0,08$  мкм и очистки эмульсией октадециламина 10 и ультразвуковой установкой (11) изделие 1 закрепляется в держателе 2, который в зависимости от формы и массы изделия обеспечивает его движение в различных плоскостях. В рабочей ка-

мере 3 создается вакуум  $10^{-3}$  Па. Затем в камеру через полный катод 4 подается газ — аргон. После

1  
C9  
2  
4  
6  
0  
1  
2U  
R

достижения рабочего давления  $10^{-2}$  Па создается напряжение между катодом и анодом 5 посредством источника питания 6 и образуется электрическая дуга 7. На изделие подается напряжение от собственного источника питания 8 для высокоскоростной бомбардировки поверхности изделия ионами аргона.

После этого осуществляется объемный нагрев. Температура изделия поддерживается на уровне, не превышающем значение в диапазоне 400–

500° С. Нижнее значение температуры обеспечивает повышение адгезии покрытий на защищаемых поверхностях крупногабаритных изделий. Верхнее значение температуры обусловлено отсутствием структурных изменений и механических свойств металла изделий. Диапазон температуры определяется материалом, используемым для изготовления турбинных лопаток (углеродистые и хромистые стали).

Подачей напряжения устанавливается необходимый электрический ток между анодом и катодом, обеспечивающий испарение и ионизацию металла, используемого для формирования первого слоя покрытия. В результате последующего его осаждения образуется первый защитный слой, толщина которого определяется степенью агрессивности эксплуатационной среды изделий.

Затем в рабочую камеру через дозирующее устройство 9 подается кислород с объемным расходом, необходимым для формирования второго слоя необходимой толщины за счет формирования в результате химической реакции оксида металла, наносимого в качестве первого слоя.

После образования второго слоя перед подачей азота или углерода через дозирующее устройство 9 подается кислород с объемным расходом, необходимым для формирования третьего слоя необходимой толщины, обеспечиваются условия образования нитрида или карбида металла, наносимого в качестве первого слоя. Таким образом,

нанесение всех слоев происходит в едином замкнутом цикле.

Соотношение толщин наносимых слоев определяется условием повышения эффективности износостойкости изделий при одновременном воздействии, в первую очередь, коррозии, абразивной, кавитационной и каплеударной эрозии без изменения структуры, свойств и установленных характеристик металла защищаемого изделия.

С учетом вышеизложенного, а также в зависимости от свойств применяемого для формирования первого слоя металла и используемых технологических газов определяются толщины слоев, находящихся в следующих диапазонах:

- $B_1 = 1-5$  мкм,
- $B_2 = 0,01-0,1$  мкм,
- $B_3 = 5-15$  мкм,

где

$B_1$  – толщина первого слоя,

$B_2$  – толщина второго слоя,

$B_3$  – толщина третьего слоя.

Многослойное покрытие, нанесенное на защищаемое изделие из углеродистой стали в ионно-вакуумной установке в едином замкнутом цикле и состоящее из трех слоев, в котором в качестве первого слоя используется титан толщиной 2 мкм, в качестве второго – карбид титана толщиной 0,05 мкм, в качестве третьего – нитрид титана толщиной 8 мкм при предварительной полировке поверхности до значения  $R_a = 0,08$  и ее очистке с помощью октадециламина, позволяет, как показали результаты испытаний, повысить коррозионную стойкость в 12 раз, эрозионную стойкость при абразивном воздействии – в 7 раз, эрозионную стойкость при каплеударном воздействии – в 5 раз и кавитационную стойкость в 6 раз. Это в совокупности приводит к увеличению срока службы изделий, в частности, лопаток паровых турбин в 2–3 раза.

### Формула изобретения

1. Способ нанесения многослойного износостойкого покрытия на изделия из железных и титановых сплавов, включающий подготовку поверхности изделия, нанесение на нее слоя металла и слоя химического соединения металла, отличающийся тем, что подготовку поверхности изделия осуществляют полировкой до чистоты  $R_a \leq 0,08$  с последующей очисткой октадециламином, в качестве слоя металла наносят переходный металл IV–VI групп Периодической системы Менделеева, в качестве химического соединения – нитрид или карбид переходного металла IV–VI групп Перио-

дической системы Менделеева, а между слоями металла и химического соединения наносят дополнительный слой из оксида металла, нанесенного в качестве первого слоя.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что нанесение слоев осуществляют ионно-вакуумным напылением в едином замкнутом цикле с объемным

нагревом изделия до температуры 400–500° С.

3. Способ по пп. 1 и 2, отличающийся тем, что на подготовленную поверхность изделия последовательно наносят слой титана, промежуточный слой оксида титана и слой нитрида титана.

1  
C

9  
2  
4  
6  
0  
1  
2

U  
R